

PEMANFAATAN KOLEKTOR SURYA PEMANAS AIR DENGAN MENGGUNAKAN SENG BEKAS SEBAGAI ABSORBER UNTUK MEREDUKSI PEMAKAIAN BAHAN BAKAR MINYAK RUMAH TANGGA

M. Burhan R. Wijaya, Samsudin Anis, Karnowo

Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Abstrak. Sumber energi fosil yang semakin terbatas perlu disikapi secara bijak untuk menjaga *security of supply* melalui usaha penghematan energi dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan. Aplikasi kolektor surya sebagai pemanas awal air skala rumah tangga diharapkan menjadi salah satu solusinya. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan konstruksi kolektor surya yang dapat dimanfaatkan sebagai *pre-heater* air skala rumah tangga, mengetahui pengaruh modifikasi tebal kaca penutup dan jarak antar absorber dengan kaca penutup terhadap daya serap kolektor, dan mengetahui seberapa besar kontribusi kolektor surya yang didesain dalam mereduksi pemakaian bahan bakar minyak skala rumah tangga. Penelitian diawali dengan perancangan kolektor surya jenis plat datar yang dimodifikasi menggunakan plat gelombang dari seng bekas. Luas permukaan kolektor adalah 1,2 m² dengan kapasitas 18 liter/jam. Setelah kolektor dirancang dan dibuat, dilanjutkan dengan pengujian dan pengukuran untuk mendapatkan efisiensi kolektor yang optimal. Pengujian dilakukan pada siang hari pukul 10:00 – 15:00 dengan selang waktu 60 menit pada berbagai ukuran tebal kaca penutup yaitu 3 hingga 8 mm dan jarak absorber ke kaca penutup 10 hingga 50 mm. Setelah didapatkan desain kolektor yang optimal, dilanjutkan dengan percobaan pendidihan air berdasar suhu keluaran kolektor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kolektor surya yang didesain dapat dimanfaatkan sebagai *pre-heater* air skala rumah tangga. Modifikasi tebal kaca dan jarak absorber ke kaca penutup berpengaruh terhadap efisiensi kolektor. Desain kolektor yang optimal didapatkan pada penggunaan tebal kaca 5 mm dan jarak absorber ke kaca penutup 30 mm. Desain ini menghasilkan efisiensi rerata tertinggi sebesar 79,6% dan mampu mereduksi penggunaan bahan bakar minyak sebesar 52,32%.

Kata kunci: Kolektor surya, seng bekas, efisiensi, reduksi bahan bakar minyak

PENDAHULUAN

Perpres Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) menunjukkan adanya upaya agar pemakaian energi baru dan terbarukan meningkat. Energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumberdaya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain energi surya, panas bumi, bahan bakar nabati (*biofuel*), arus sungai, energi angin, biomassa, dan energi laut.

Dalam konteks tersebut, Indonesia sebetulnya memiliki potensi energi surya yang tidak terbatas karena letaknya yang strategis di daerah katulistiwa. Namun potensi ini belum dimanfaatkan secara optimal khususnya untuk kebutuhan skala rumah tangga melalui penggunaan kolektor surya. Salah satu penyebabnya adalah adanya anggapan masyarakat bahwa kolektor surya sebagai alat untuk mengkonversi energi surya merupakan barang *eksklusif*

berteknologi tinggi yang harganya cukup mahal. Tentu asumsi tersebut tidak sepenuhnya benar karena masih banyak faktor lain yang perlu dipertimbangkan khususnya untuk jangka panjang. Hal ini menarik untuk dikaji lebih mendalam, bagaimana mendapatkan kolektor surya sebagai *pre-heater* skala rumah tangga dengan biaya yang terjangkau untuk mereduksi penggunaan bahan bakar minyak yang semakin terbatas.

Para peneliti terdahulu sudah banyak mengkaji kinerja berbagai jenis kolektor surya seperti Sutrisno yang mengkaji kolektor surya pemanas air dengan menggunakan pelat absorber gelombang, Wibowo menganalisis performansi sistem kolektor surya jenis palung silindris dengan absorber multi-pipa, dan Alit melakukan studi eksperimental kolektor tubular dengan memanfaatkan lampu neon bekas sebagai kaca penutup kolektor (ITS Library Digital Content Publisher, 2007). Pemanfaatan kolektor surya sebagai *pre-heater* pada pompa kalor diungkapkan oleh Abbott (2004) yang menganalisis perolehan energi termal pada kolektor surya yang terbuat dari beton sebagai absorber untuk mereduksi kebutuhan energi listrik pompa kalor.

Dari berbagai penelitian tersebut, terlihat bahwa kolektor surya dapat didesain dari material bekas baik absorber maupun kaca penutup kolektor yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan skala rumah tangga. Namun demikian, penelitian yang menerapkan kolektor surya sebagai pemanas air skala rumah tangga dimana absorber terbuat dari seng bekas dengan variasi jarak antar absorber dengan kaca penutup dan variasi ketebalan kaca penutup masih sulit ditemukan. Berdasar pemikiran tersebut, peneliti mengkaji aplikasi kolektor surya sebagai pemanas air skala rumah tangga menggunakan seng bekas sebagai absorber yang diuji pada berbagai jarak absorber ke kaca penutup dan variasi ketebalan kaca penutup. Energi termal dari kolektor surya ini digunakan sebagai pemanas awal (*pre-heater*) yang diharapkan mampu mempercepat proses pendidihan air sehingga dapat menghemat bahan bakar.

METODE PENELITIAN

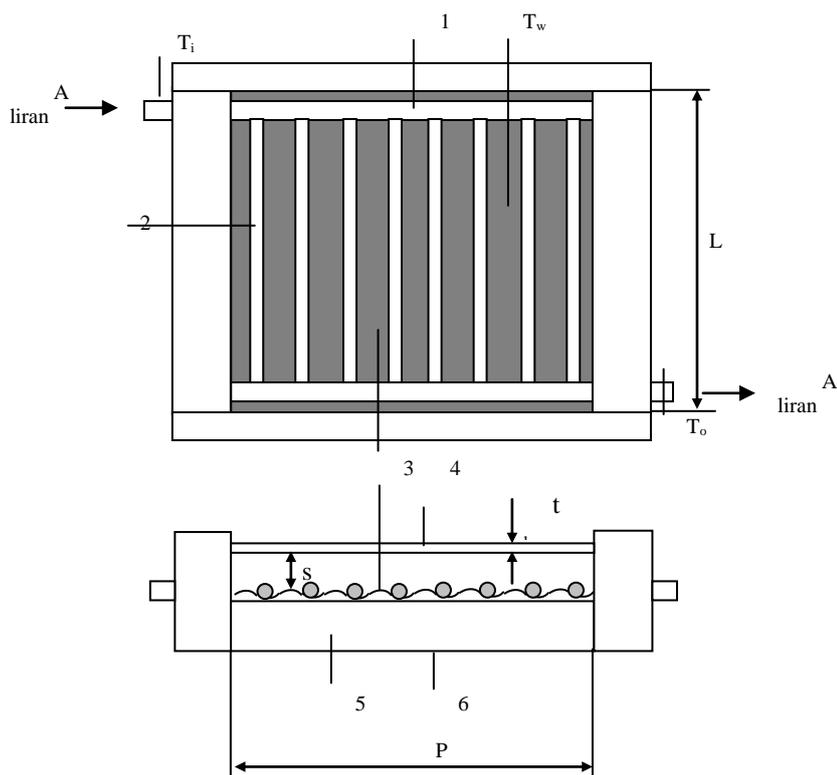
Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri: (1) kaca, (2) seng bekas, (3) isolator, dan (4) seperangkat kolektor surya yang dirancang seperti gambar 3. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: (1) termokopel jenis T, (2) termometer digital, (3) gelas ukur, (4) stop watch, (5) alat perlengkapan konstruksi, dan (6) *tool set*.

Cara Penelitian

Penelitian ini diawali dengan perancangan kolektor surya berdasarkan hasil-hasil penelitian sebelumnya. Absorber dibuat dari bahan seng bekas dengan permukaan gelombang dan dicat hitam untuk meningkatkan daya absorpsi. Ukuran panjang dan lebar absorber adalah 0,8 x 1,5 m. Pipa (*tube*) kolektor dibuat dari bahan aluminium yang permukaannya dicat hitam, disusun sedemikian rupa membentuk aliran paralel yang ditempatkan di permukaan absorber (lihat gambar 3). Penutup kolektor dibuat dari bahan kaca transparan dengan tebal bervariasi yaitu 3 hingga 8 mm. Isolator dibuat dari bahan *glass wool* dan aluminium foil.

Setelah kolektor dirancang dan dibuat, dilanjutkan dengan pengujian dan pengukuran untuk mendapatkan efisiensi kolektor yang optimal. Pengujian dilakukan pada siang hari pukul 10:00 – 15:00 dengan selang waktu 60 menit. Temperatur diukur menggunakan termokopel dan dibaca pada termometer digital. Pengujian ini dilakukan pada berbagai ukuran tebal kaca penutup (3 – 8 mm) dan jarak antar absorber dengan kaca penutup (10 – 50 mm).



Gambar 3. Rancangan kolektor surya

Keterangan:

- 1: Pipa aluminium 1"
- 2: Pipa aluminium 1/4"
- 3: Seng gelombang
- 4: Kaca penutup
- 5: Isolator
- 6: Rangka

- L: Lebar absorber (m)
- P: Panjang absorber (m)
- t_k : tebal kaca penutup (m)
- s: jarak absorber-kaca penutup (m)
- V: Debit aliran (m^3/s)
- T_{in} : Suhu air masuk kolektor ($^{\circ}C$)
- T_{out} : Suhu air keluar kolektor ($^{\circ}C$)
- T_w : Suhu permukaan absorber ($^{\circ}C$)

Setelah didapatkan desain kolektor yang optimal, dilanjutkan dengan percobaan aplikasi kolektor surya untuk memanaskan air. Variabel yang diukur adalah waktu yang dibutuhkan hingga air mendidih. Hasil pengukuran ini dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan air tanpa menggunakan kolektor pada kondisi *burner* yang sama. Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui persentase bahan bakar minyak yang dapat direduksi.

Semua instrumen yang digunakan terkalibrasi sesuai dengan teknik standar yang digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya.

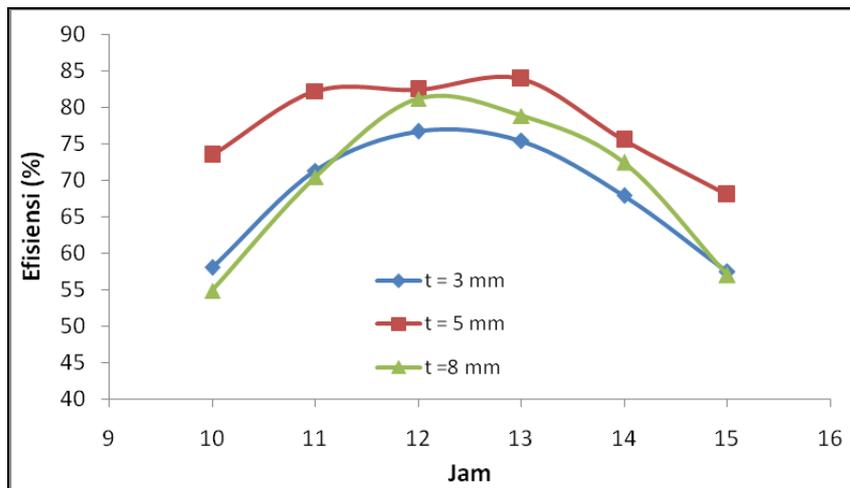
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengungkap karakteristik dan pemanfaatan kolektor surya sebagai *pre-heater* air skala rumah tangga. Kolektor didesain dengan kapasitas 18 l/jam dan luas permukaan sebesar $1,2 m^2$. Untuk mendapatkan karakteristik dalam bentuk unjuk kerja kolektor, dilakukan penelitian yang melibatkan variasi tebal kaca penutup dan variasi jarak antar plat

absorber ke kaca penutup. Sedangkan untuk mendapatkan kontribusi kolektor surya terhadap persentase reduksi bahan bakar minyak, dilakukan percobaan pendidihan air berdasarkan temperatur keluaran kolektor. Waktu yang dibutuhkan hingga air mendidih mencirikan jumlah bahan bakar minyak yang dapat dihemat.

Pengaruh Tebal Kaca Penutup

Profil efisiensi sebagai fungsi tebal kaca penutup ditunjukkan pada gambar 4. Secara umum efisiensi tertinggi diperoleh pada pukul 12:00 hingga 13:00. Dari tiga jenis tebal kaca yang digunakan, penggunaan kaca dengan tebal 5 mm menghasilkan efisiensi rerata tertinggi dan terendah diperoleh pada kaca dengan tebal 3 mm. Besarnya efisiensi rerata masing-masing untuk kaca 3 mm, 5 mm, dan 8 mm berturut-turut adalah 69,43%, 74,40%, dan 70,69%.



Gambar 4. Profil efisiensi kolektor berdasarkan tebal kaca penutup

Dari gambar 4 terdapat suatu fenomena menarik khususnya penggunaan kaca 3 mm dan 8 mm. Pada saat pengukuran pukul 10:00 – 11:00, kolektor dengan kaca 3 mm menghasilkan efisiensi rerata lebih tinggi dibandingkan dengan kaca 8 mm. Sedangkan pada saat pengukuran pukul 12:00 – 15:00, efisiensi rerata untuk kaca 3 mm justru lebih rendah dibanding kaca 8 mm. Hal ini dapat dijelaskan bahwa rugi kalor pada kaca yang lebih tipis meningkat dengan menurunnya intensitas radiasi. Jika intensitas radiasi turun maka laju kalor yang terperangkap dalam kolektor sebagian keluar secara konduksi dari permukaan bawah kaca ke permukaan atas kaca dan selanjutnya keluar secara konveksi melalui angin. Sedangkan jika intensitas radiasi cukup tinggi, maka kalor yang terserap dalam absorber yang diteruskan ke air cukup tinggi sehingga efisiensi rerata kolektor masih tinggi.

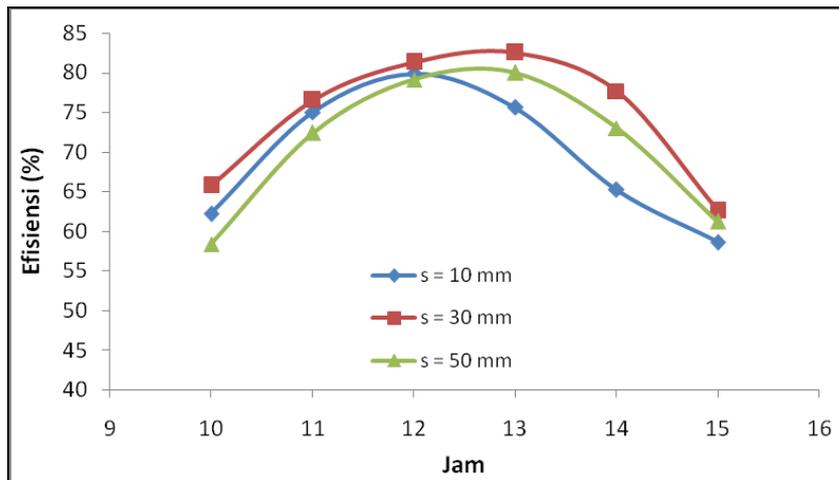
Analisis sebaliknya berlaku pada kaca yang lebih tebal dimana pada kondisi intensitas radiasi yang tinggi membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai permukaan absorber sehingga mengurangi intensitas yang ditransmisikan ke kolektor. Namun demikian, intensitas radiasi yang terperangkap dalam absorber sebagian besar dapat dimanfaatkan menjadi energi berguna karena rugi kalor secara konduksi dari permukaan dalam kaca ke permukaan luar kaca sangat kecil. Peristiwa ini sesuai dengan hukum Fourier pada kasus konduksi.

Pengaruh Jarak Absorber ke Kaca Penutup

Profil efisiensi sebagai fungsi jarak absorber ke kaca penutup ditunjukkan pada gambar 5. Secara umum efisiensi rerata tertinggi diperoleh pada pukul 12:00 – 13:00. Efisiensi rerata yang

tinggi ini dimungkinkan karena pada waktu-waktu tersebut intensitas radiasi cukup tinggi. Kondisi ini serupa dengan gambar 4. Efisiensi tertinggi diperoleh pada jarak absorber ke kaca penutup 30 mm yaitu 82,50%.

Sebagaimana halnya pada gambar 4, pada gambar 5 terdapat pula fenomena yang sama khususnya untuk variasi jarak absorber ke kaca penutup 10 mm dan 50 mm. Pada pengukuran pukul 10:00 – 12:00, kolektor dengan jarak absorber ke kaca penutup 10 mm menghasilkan efisiensi rerata lebih tinggi dibandingkan dengan jarak 50 mm. Sedangkan pada pengukuran pukul 13:00 – 15:00, efisiensi rerata untuk jarak 10 mm justru lebih rendah dibanding jarak 50 mm. Pembahasan kasus ini serupa dengan fenomena pada gambar 4.



Gambar 5. Profil efisiensi kolektor berdasarkan jarak absorber ke kaca penutup

Dari gambar 5 ditunjukkan pula bahwa variasi jarak absorber ke kaca penutup menghasilkan efisiensi rerata yang berbeda. Efisiensi tertinggi didapatkan pada jarak absorber ke kaca penutup 30 mm dan terendah diperoleh pada jarak 10 mm. Besarnya efisiensi rerata masing-masing untuk celah 10 mm, 30 mm, dan 50 mm berturut-turut adalah 67,79%, 77,59%, dan 69,13%. Hal ini dapat dijelaskan bahwa efisiensi akan menurun jika banyak kalor yang hilang ke lingkungan baik secara konveksi, radiasi maupun konduksi. Perpindahan kalor dari permukaan absorber ke permukaan kaca bagian dalam terjadi secara konveksi alami dan pada permukaan luar kaca ke lingkungan terjadi secara konveksi paksa. Sedangkan perpindahan kalor melalui permukaan bawah kaca ke permukaan atas kaca terjadi secara konduksi. Sehingga kerugian kalor pada bagian atas kolektor hanya terjadi secara konveksi dan konduksi.

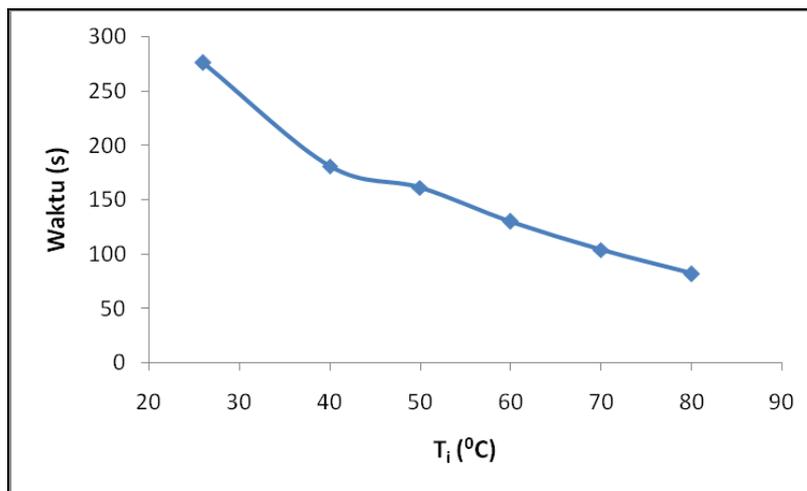
Pada kondisi celah yang sempit, kerugian kalor lebih didominasi konduksi daripada konveksi. Hal ini terjadi karena molekul udara tidak dapat berpindah dengan leluasa sehingga perilaku udara pada celah tersebut menyerupai benda padat. Dengan demikian, semakin sempit celah atau jarak absorber ke kaca penutup, semakin besar pula kerugian konduksinya karena laju konduksi berbanding terbalik dengan lebar celah. Sedangkan pada kondisi celah yang lebar, kerugian kalor lebih didominasi konveksi alami yang ditunjukkan dengan bilangan Rayleigh. Bilangan ini berbanding lurus dengan lebar celah. Sehingga, semakin besar celah atau jarak absorber ke kaca penutup semakin besar pula kerugian kalornya.

Kontribusi Kolektor sebagai Pemanas Skala Rumah Tangga

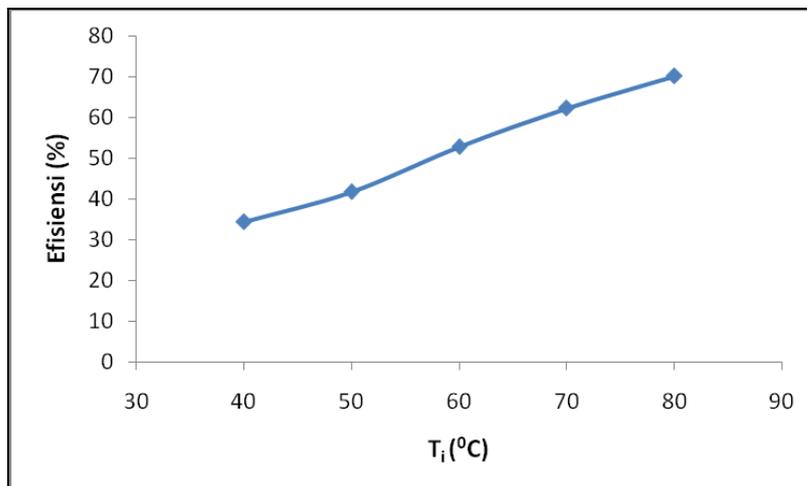
Hasil pengujian unjuk kerja kolektor yang dirancang sebagai pemanas awal air skala rumah tangga ditunjukkan pada gambar 6 dan 7. Pengujian dilakukan dengan memanaskan air hingga mendidih menggunakan kompor berdasarkan suhu keluaran kolektor. Suhu keluaran kolektor

yang dirancang selama waktu pengujian berada pada rentang 40°C – 80°C yang digunakan sebagai kondisi awal proses pendidihan. Sedangkan volume air yang digunakan selama percobaan ini adalah 1 liter pada laju kalor rerata 730 W. Selain itu, dilakukan pula percobaan berdasarkan kondisi suhu standard air yaitu 27°C yang digunakan sebagai data komparasi hasil pengujian.

Pada gambar 6 ditunjukkan hubungan suhu keluaran kolektor terhadap waktu yang dibutuhkan hingga air mendidih (100°C). Terlihat bahwa semakin tinggi suhu keluaran kolektor, semakin cepat air mendidih. Waktu yang dibutuhkan hingga air mendidih pada kondisi standard mencapai 460 detik sedangkan pada suhu keluaran kolektor tertinggi (80°C) hanya membutuhkan waktu 137 detik. Peristiwa ini dapat dipahami dari hukum I Termodinamika bahwa laju kalor yang dibutuhkan untuk mencapai suhu didih semakin kecil jika beda suhu awal dan akhir semakin rendah sehingga waktu untuk mencapai suhu didih pun akan semakin cepat.



Gambar 6. Profil waktu pendidihan air berdasarkan suhu keluaran kolektor



Gambar 7. Profil efisiensi pendidihan air berdasarkan suhu keluaran kolektor

Pada gambar 7 diperlihatkan hubungan suhu keluaran kolektor terhadap efisiensi penggunaan bahan bakar pada proses pengujian pendidihan air. Dari gambar tersebut terlihat bahwa efisiensi meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Efisiensi pada suhu tertinggi keluaran kolektor mencapai 70,29% dan pada suhu terendah hanya 34,42%. Efisiensi rerata dari seluruh data pengujian diperoleh sebesar 52,32%. Jika diasumsikan dalam satu keluarga rata-rata

menghabiskan 1 liter/hari minyak tanah, maka jumlah bahan bakar minyak tanah yang dapat direduksi mencapai 0,52 liter/hari. Artinya, konsumsi minyak tanah hanya 0,48 liter/hari.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kolektor surya yang didesain merupakan kolektor jenis plat datar yang dimodifikasi menggunakan plat gelombang. Luas permukaan kolektor adalah 1,2 m² dengan kapasitas 18 liter/jam. Kolektor ini dapat dimanfaatkan sebagai *pre-heater* air bagi kebutuhan rumah tangga.
2. Modifikasi tebal kaca penutup dan jarak absorber ke kaca penutup berpengaruh terhadap efisiensi kolektor. Penggunaan kaca yang terlalu tipis atau terlalu tebal akan menurunkan efisiensi kolektor. Demikian pula jika jarak absorber ke kaca penutup terlalu sempit atau terlalu lebar justru akan menurunkan efisiensi kolektor.
3. Desain kolektor yang optimal didapatkan pada penggunaan tebal kaca 5 mm dan jarak absorber ke kaca penutup 30 mm. Desain ini menghasilkan efisiensi rerata tertinggi sebesar 79,6% dibanding lainnya. Penggunaan kolektor dengan desain tersebut lebih optimal dalam mempercepat proses pendidihan air. Bahan bakar yang dapat direduksi rata-rata 52,32%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, A.B., 2004, *Analysis of Thermal Energy Collection from Precast Concrete Roof Assemblies*, Master's thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Alit, I.B., Studi Eksperimental Kolektor Tubular dengan Memanfaatkan Lampu Neon Bekas sebagai Kaca Penutup Kolektor, *Published by ITS Library Digital Content Publisher at 27/08/2007*.
- Ekadewi, Rahardjo, 1999, Pengaruh Jumlah Kaca Penutup Terhadap Efisiensi Kolektor Surya Plat Datar Sistem Pipa Paralel, <http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd>.
- Hamzah, N, Kaji Teoritis dan Eksperimen Kolektor Palung Surya Semi Silindris dengan Isolator-Reflektor pada Pipa Kaca Penutup Absorber, *Published by ITS Library Digital Content Publisher at 27/08/2007*.
- Incropera, F.P. dan DeWitt, D.P., 1996, *Fundamentals of Heat Transfer*, Ed. 2, John Willey & Sons, New York.
- Kristanto, P., dan San, Y.K., 2001, Pengaruh Tebal Plat dan Jarak antar Pipa Terhadap Performansi Kolektor Surya Plat Datar, *Jurnal Teknik Mesin*, Jan 2001/Vol. 3/No. 2.
- Radiation, http://www.livstek.lth.se/People_list/ulfb/ra_heat.htm
- Solar Collectors, http://www1.eere.energy.gov/solar/sh_basics_collectors.html
- Solar Collectors: Different Types and Fields of Application, <http://www.solarserver.de/wissen/sonnenkollektoren-e.html>
- Solar Energy System Design, <http://www.powerfromthesun.net/chapter1.htm>
- Solar Power for Hot Water and Heating, <http://www.solarserver.de/wissen/solarthermie-e.html>
- Sutrisno, Studi Eksperimental Kolektor Surya Pemanas Air dengan Menggunakan Pelat Absorber Gelombang, *Published by ITS Library Digital Content Publisher at 27/08/2007*.
- Wibowo, H, Studi Eksperimental dan Analisa Performansi Sistem Kolektor Surya Jenis Palung Silindris dengan Absorber Multi-Pipa, *Published by ITS Library Digital Content Publisher at 27/08/2007*.